

REAXXION

Ciencia y tecnología universitaria

XXVI

ISSN: 2007-7750



- Secado por aspersión de jugo de mango (*Mangifera indica* L.)
- Herramientas estadísticas como estrategias de mejora en los procesos de línea en el sector automotriz
- Acuicultura: seguridad alimentaria y su dependencia energética y tecnológica, casos Colima y Jalisco





UTL

LEÓN

ISSN: 2007-7750

Directorio

Jorge Enrique Hernández Meza

Secretario de Educación de Guanajuato

Yoloxóchitl Bustamante Díez

Encargada de Rectoría de la Universidad Tecnológica de León

José Ernesto López Juárez

Secretario Académico

José de Jesús Mendoza Rivas

Director de Económico Administrativo y Sustentabilidad para el Desarrollo

José Fernando Torres Vallejo

Director de Electromecánica Industrial, Tecnologías de la Información y Comunicaciones

Olga Rebeca Ledesma García

Directora de Desarrollo Académico y Docente

José Jaime Ávila Morales

Subdirector de la Unidad Académica del Sureste

Comité Editorial

Liliana González Arredondo

Directora Editorial

Pedro Andrés Meza Torres

Aseguramiento de calidad

Daniel Israel Rodríguez Gante

Diseño web

María Fernanda Flores Muzquiz

Diseño gráfico y editorial

María de la Luz García Cárdenas

Corrección Editorial

Jessica Sandoval Palomares

Representante de Investigación

Adriana López Barberena

Representante de Área Económico-Administrativa

Ma. Guadalupe Serrano Torres

Representante de Área Económico-Administrativa

Roberto Gutiérrez Guerra

Representante de Área Sustentabilidad para el Desarrollo

Anahí Torres Tinoco

Representante de Área Tecnologías de la Información y Comunicación

J. Guadalupe Santos Gómez

Representante de Área Ingenierías





Carta editorial

Esta es la vigésima sexta edición de la revista y es un placer saludar a la comunidad académica que crea, revisa, investiga, publica, consulta y cita los artículos.

A partir de este número, y con la perspectiva de orientar las gestiones futuras para consolidar el impacto de Reaxión, el Comité Editorial ha decidido organizar las colaboraciones en consonancia directa con las líneas de investigación del Conacyt (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), de manera que a las cinco áreas ya definidas desde que se fundó la revista (Matemáticas, Física y Ciencias de la Tierra, Biología y Química, Humanidades y Ciencias de la Conducta, Ciencias Sociales y Economía, y Ciencias de la Ingeniería), se agregan las de Medicina y Ciencias de la Salud, así como Biotecnología y Ciencias Agropecuarias.

Esta edición se integra por tres colaboraciones: una del área de Biología y Química, un artículo de la línea de las Ingenierías y uno de Biotecnología y Ciencias Agropecuarias.

En una relevante aportación a la industria alimentaria, los autores de **Secado por aspersión de jugo de mango (*Mangifera indica* L.)** describen cómo aplicaron la microencapsulación en el caso de esta fruta, a través de las etapas de preparación del jugo, microextracción en fase sólida, cromatografía de gases asociada a espectrometría de masas, aplicación de los tratamientos y análisis estadístico de los resultados. Concluyeron que la mezcla de maltodextrina y goma arábiga son el mejor tratamiento, ya que logra la conservación de los compuestos volátiles.

En el área de las Ingenierías, la autora y autor de **Herramientas estadísticas como estrategias de mejora en los procesos de línea en el sector automotriz** demuestran que la aplicación de la metodología Seis Sigma, el proceso DMAIC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar) y el análisis estadístico, contribuyen de manera significativa a la mejora en la línea de *blocks* en una empresa ensambladora en el sector automotriz, y pueden ser utilizadas desde las fases de



detección y estudio de problemas de producción, hasta la toma de decisiones y aplicación de soluciones.

En cuanto al área de la Biotecnología y las Ciencias Agropecuarias, los autores y autora de **Acuicultura: seguridad alimentaria y su dependencia energética y tecnológica, casos Colima y Jalisco**, destacan la importancia de esta actividad, pues el pescado cultivado contribuye en gran medida a la producción pesquera mundial, y señalan la necesidad de mejorar la tecnología y sostenibilidad de la producción acuática, que contribuya a solventar los problemas de vulnerabilidad alimentaria que se enfrentan a nivel global y local; plantean que enfrentar este reto requiere asumir decisiones de política pública, vinculación entre las instituciones de educación superior y la industria acuícola, y participación en las tendencias de desarrollo tecnológico, incluyendo la industria 4.0.

Extendemos un especial reconocimiento a los investigadores e investigadoras que participaron en la integración de este número de la revista, así como a las expertas y expertos que hicieron el análisis y dictámenes de las propuestas que les fueron presentadas.

Atentamente

Comité Editorial



Índice

4.

Secado por aspersión de jugo de mango
(*Mangifera indica* L.)

13.

Herramientas estadísticas como estrategias
de mejora en los procesos de línea en el
sector automotriz

32.

Acuicultura: seguridad alimentaria y su
dependencia energética y tecnológica, casos
Colima y Jalisco

REA>XION



Secado por aspersión de jugo de mango (*Mangifera indica* L.)

Spray drying of mango juice (Mangifera indica L.)

Salvador González-Palomares, Luis Humberto Rivera-Camero, Samantha Julliana Trujillo-Díaz, y Luis Alberto Macedo-González /

Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco / Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez / Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 127

Resumen

Se realizó la microencapsulación de jugo de mango (*Mangifera indica* L.), mediante secado por aspersión. Las condiciones de operación del secado por aspersión fueron: temperatura entrada de la cámara de secado: 190 °C, se aplicó un flujo de alimentación de 21 ml/min, y temperatura de salida de la cámara de secado de 90 °C. Los tratamientos evaluados fueron el uso de encapsulantes con base en la retención de compuestos volátiles. Los tratamientos evaluados de agentes encapsulantes fueron maltodextrina al 0.5% (p/p), y goma arábica al 0.5% (p/p). Se determinaron los compuestos volátiles en las muestras, antes y después del secado por aspersión, por microextracción en fase sólida (SPME), y cromatografía de gases – espectrometría de masas (GC-MS). Los tratamientos presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$); fue mejor el tratamiento donde se usó la mezcla de maltodextrina y goma arábica al 0.5% (p/p), con base en la mayor conservación de compuestos volátiles del mango.

Palabras clave: microencapsulación, jugo de mango, secado por aspersión.

Abstract

Mango juice (*Mangifera indica* L.) was microencapsulated by spray drying. The spray drying operating conditions were: a drying chamber inlet temperature of 190 °C, a feed flow of 21 ml/min and a drying chamber outlet temperature of 90 °C. The evaluated treatments was the use of encapsulants based on the retention of volatile compounds. The evaluated treatments of encapsulating agents were maltodextrin 0.5% (w/w) and gum arabic 0.5% (w/w). The volatile compounds in the samples were determined, before and after spray drying, by solid phase microextraction (SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The treatments showed significant differences ($P < 0.05$), and the best treatment was where the mixture of maltodextrin and gum arabic 0.5% (w/w) was used, based on the greater conservation of volatile compounds in mango.

Keywords: microencapsulation, mango juice, spray drying.



Introducción

La fruta de mango posee pulpa carnosa, sabor dulce y tiene diversos usos. El mango se usa como verdura y en ensaladas, así como en varios tipos de preserves y encurtidos, además de consumirse como fruta. El principal uso es en aguas frescas, diferentes bebidas y dulces. Es muy apreciado por su sabor característico, originado por diversos compuestos volátiles y no volátiles que contiene esta fruta^{1,2}. El aroma y sabor del mango, ya ha sido estudiado por otros autores y autoras, quienes han reportado mezclas de monoterpenos, sesquiterpenos y compuestos volátiles oxigenados (aldehídos, alcoholes, ésteres y cetonas)^{2,3,4,5,6}. La caracterización de los compuestos volátiles del mango puede variar con base en el lugar de producción, el manejo agronómico, y los métodos usados en la extracción e identificación de los componentes^{5,6}.

La microencapsulación es una forma de empacar, en la que un material en particular puede ser cubierto para protegerlo durante el secado por aspersión⁷. La microencapsulación requiere la incorporación de ingredientes alimenticios, enzimas, células u otros materiales en pequeñas cápsulas. La microencapsulación se usa en la industria farmacéutica y de alimentos para preservar y proteger numerosos ingredientes de interés^{7,8}. El material que es cubierto se llama fase interna y el material que recubre se denomina pared, y generalmente se conocen como agentes encapsulantes. La encapsulación es un proceso unitario mediante el cual algunas sustancias bioactivas (sabores, vitaminas o aceites esenciales), se

introducen en una matriz con el objetivo de impedir su pérdida, para protegerlos de la reacción con otros compuestos presentes en el alimento o para impedir que sufran reacciones de oxidación debido a la luz o al oxígeno^{9,10,11,12}. Los encapsulantes más utilizados durante el secado por aspersión son: carbohidratos (almidón y derivados, maltodextrinas, jarabes de maíz, ciclodextrinas, carboximetilcelulosa y derivados); gomas (arábica, mezquite, alginato de sodio); lípidos (ceras, parafinas, grasas), y proteínas (gelatina, proteína de soya, caseinatos, suero de leche)⁷.

La deshidratación y secado de alimentos son procesos unitarios para extraer por evaporación o sublimación casi toda el agua normalmente presente en el producto alimenticio, a través de aplicación de calor y en condiciones controladas. El secado por aspersión es el método más usado para encapsular ingredientes alimenticios, el más económico y se ha utilizado en la protección de diversos materiales alimenticios¹³.

Objetivo

El objetivo de esta investigación fue secar jugo de mango por aspersión, con base en la conservación de compuestos volátiles, utilizando los agentes encapsulantes de maltodextrina y goma arábica.

Metodología

Preparación del jugo de mango

Se usaron mangos de la variedad Tommy Atkins procedentes de un campo de producción de Tomatlán, Jalisco, México (Figura 1). Los mangos maduros se lavaron y desinfectaron con base a las recomendaciones del Codex alimentarius¹⁴.



Figura 1. Mangos de la variedad Tommy Atkins utilizados en este proyecto.

Las frutas se cortaron en cubos de aproximadamente 1 cm^3 y se licuaron en una licuadora, obteniendo un jugo de mango (Figura 2). En el jugo de mango se determinaron los °brix en un refractómetro Atago, y pH (pHmetro IQ Scientific modelo IQ-240). Los análisis se realizaron con cinco repeticiones^{2,5}.



Figura 2. Lavado, cortado y licuado de los mangos para extraer el jugo.



Microextracción en fase sólida (SPME)

Se usó una fibra de extracción de carbowax/divinilbenceno (CW/DVB, 65 μm). La fibra se acondicionó considerando las instrucciones del fabricante: 30 minutos a 250 °C (Compañía Supelco, Bellefonte, PA, USA). Las muestras de mango se homogeneizaron a temperatura ambiente durante 20 segundos. Los compuestos volátiles de las muestras homogenizadas fueron extraídos por el método de SPME¹⁵, con modificaciones propias. El vial se incubó a 70 °C en un termobañó con agitación durante 30 minutos. Una vez transcurrido ese tiempo, se insertó la fibra para SPME en el espacio de cabeza del vial, manteniéndose la temperatura y la agitación durante 40 minutos. La incubación con temperatura y agitación sirvió para promover el equilibrio entre los analitos en el espacio de cabeza del vial, la muestra y el polímero de la fibra, y así obtener una mayor concentración de compuestos volátiles en la fibra. Al terminar el tiempo de extracción, se retiró del vial la fibra con los compuestos volátiles adsorbidos y se insertó en el puerto de inyección de un cromatógrafo de gases con un tiempo de desorción de 5 minutos. Se realizaron cinco repeticiones en las mismas condiciones en las muestras de jugo de mango.

Cromatografía de Gases – Espectrometría de Masas (GC-MS)

Los compuestos volátiles del mango se analizaron en un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS), Hewlett-Packard 6890/5973

(Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA), equipado con una columna capilar polar Supelcowax-10 (Supelco, Bellefonte, PA, USA) de 30 m de largo x 0,25 μm de diámetro interno y con fase estacionaria de polietilenglicol. Las condiciones durante el análisis de las muestras fueron: temperatura del inyector y del detector de 190 °C y 240 °C, respectivamente. Se estableció una temperatura inicial del horno de 40 °C, mantenida por 5 minutos hasta llegar a una temperatura final de 250 °C con incrementos de 5 °C por minuto. El gas acarreador fue helio grado cromatográfico (INFRA S.A.), con un flujo de 0.8 ml/min¹⁶. La identificación y cuantificación de compuestos volátiles del jugo de mango fue mediante comparación espectral de los picos del cromatograma de iones totales de las muestras con los compuestos de referencia de la biblioteca Wiley 275L instalada en el GC-MS. La cuantificación se realizó con base en el porcentaje de área de cada pico del cromatograma correspondiente a cada compuesto volátil del mango^{2,5}.

Microencapsulación y secado por aspersión de jugo de mango

Se preparó un jugo de mango con 12 °brix en las mismas condiciones explicadas anteriormente. El tratamiento 1 (T_1), consistió en jugo de mango sin encapsulantes. El tratamiento 2 (T_2), se aplicó una mezcla de maltodextrina y goma arábiga 1:1, al 0.5 % (p/p). Por su parte, en el tratamiento 3 (T_3), se aplicó goma arábiga al 0.5 % (p/p). Cada muestra fue de siete litros de jugo de mango¹².

El secado por aspersión se realizó en un secador por aspersión (modelo B-290,



Büchi, Flawil, Suiza), en las siguientes condiciones: la temperatura de entrada fue de 190 °C, un flujo de alimentación 21 ml/min, y una temperatura de salida de la cámara de secado de 90 °C. Las muestras obtenidas en polvo secado por aspersión se pesaron en una balanza analítica, y se envasaron en frascos de vidrio, etiquetando con los nombres de las muestras. Se analizaron otra vez los compuestos volátiles en las muestras secadas por aspersión, se usó polvo de cada muestra, añadiendo agua destilada, hasta obtener la misma concentración de 12 °brix, que existía en el jugo original (antes del secado por aspersión). Se aplicaron los mismos procesos y condiciones como se realizó antes del secado por aspersión: microextracción en fase sólida, y cromatografía de gases – espectrometría de masas^{12,13}.

Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de varianza ANOVA ($p < 0.05$) y se realizaron las comparaciones de medias de Diferencia Mínima Significativa (DMS de Duncan con $p < 0.05$), mediante el Sistema de Análisis Estadístico (SAS). Este análisis estadístico se usó para evaluar los tratamientos de los encapsulantes durante el secado por aspersión del jugo de mango. La evaluación fue con base en la conservación de compuestos volátiles durante el proceso de secado por aspersión del jugo de mango¹³.

Resultados y discusión

El extracto de mango tuvo un pH de 3.7 y 12 °brix. Se identificaron 26 compuestos volátiles relacionados con el aroma y sabor del mango (Tabla 1). El compuesto más abundante en el jugo de mango fue el limoneno, mismo que no tuvo diferencia significativa ($p < 0.05$), con el tratamiento donde se usó la mezcla de maltodextrina y goma arábica al 0.5 % (p/p), durante el secado por aspersión. El limoneno es uno de los compuestos volátiles más representativos en el aroma y sabor de la fruta de mango⁵.

La identificación de los compuestos volátiles se llevó a cabo en el jugo de mango (antes del secado por aspersión), y también en las muestras secadas por aspersión, de acuerdo a la metodología explicada anteriormente. De esta manera se evaluaron los encapsulantes de maltodextrina y goma arábica con base en la conservación de compuestos volátiles en el producto en polvo (Tabla 1).



Tabla 1. Compuestos volátiles del jugo de mango (jugo de mango original, y secado por aspersión). Fuente: elaboración propia

Nombre del compuesto volátil identificado:	T ₀ : jugo de mango original.	Muestras secadas por aspersión:		
		T ₁ : Extracto sin encapsulantes.	T ₂ : Mezcla de maltodextrina y goma arábica al 0.5% (p/p).	T ₃ : Goma arábica al 0.5% (p/p).
Acetaldehído	0.10 ^a	0.00 ^b	0.10 ^a	0.08 ^a
Acetato de etilo	0.12 ^a	0.01 ^c	0.09 ^a	0.05 ^b
Isobutanol	0.09 ^a	0.02 ^b	0.07 ^a	0.07 ^a
3-pentanona	0.13 ^a	0.06 ^b	0.10 ^a	0.08 ^{ab}
2-etilfurano*	0.11 ^a	0.03 ^b	0.09 ^a	0.04 ^b
Propanoato de etilo	0.13 ^a	0.04 ^b	0.12 ^a	0.07 ^b
Butanoato de metilo	0.16 ^a	0.07 ^b	0.15 ^a	0.14 ^a
(E)-2-pentenal	0.14 ^a	0.04 ^b	0.13 ^a	0.12 ^a
2,4-pentanodiona	0.05 ^a	0.02 ^b	0.05 ^a	0.05 ^a
Ácido butanoico	0.06 ^a	0.01 ^b	0.04 ^a	0.04 ^a
Hexanal	1.10 ^a	0.50 ^b	1.03 ^a	0.95 ^a
Butanoato de etilo	0.30 ^a	0.10 ^c	0.28 ^a	0.15 ^b
Acetato de butilo	0.26 ^a	0.02 ^c	0.21 ^a	0.10 ^b
(E)-2-hexenal	0.21 ^a	0.10 ^c	0.20 ^a	0.15 ^b
(Z)-3-hexenol	0.50 ^a	0.20 ^c	0.48 ^a	0.30 ^b
2-heptanona	0.29 ^a	0.11 ^c	0.27 ^a	0.20 ^{bc}
Heptanal	0.32 ^a	0.15 ^c	0.31 ^a	0.27 ^a
Hexanoato de metilo	1.00 ^a	0.29 ^c	0.99 ^a	0.59 ^b
Canfeno	0.60 ^a	0.11 ^c	0.56 ^a	0.28 ^b
Benzaldehído	1.11 ^a	0.21 ^c	1.08 ^a	0.49 ^b
Sabineno	0.44 ^a	0.10 ^c	0.42 ^a	0.29 ^b
β-pineno	2.00 ^a	0.21 ^c	1.99 ^a	1.55 ^b
Mirceno	2.10 ^a	0.22 ^c	2.08 ^a	1.00 ^b
α-terpineno	2.02 ^a	0.19 ^c	2.00 ^a	1.10 ^b
p-cimeno	1.89 ^a	0.10 ^c	1.80 ^a	0.69 ^b
Limoneno	2.99 ^a	0.11 ^c	2.89 ^a	1.10 ^b

Nota: Las letras en superíndice indican la diferencia significativa de acuerdo a comparaciones de medias de Diferencia Mínima Significativa (DMS de Duncan con $p < 0.05$), observado en reglón. a = mayor cantidad de compuestos volátiles. Las demás letras (superíndices), ordenadas de acuerdo al alfabeto, indican que va disminuyendo la cantidad de compuestos volátiles durante el secado por aspersión de las muestras. Los datos corresponden a los valores promedios de las cinco repeticiones ($n = 5$).



Hubo diferencia significativa ($p < 0.05$), entre los tratamientos evaluados (Tabla 1), y fue mejor el tratamiento T_2 correspondiente al uso de la mezcla de maltodextrina y goma arábica al 0.5 % (p/p), con base en la mayor conservación de los compuestos volátiles durante el secado por aspersión del jugo de mango. Es decir, al mezclar ambos encapsulantes, tuvieron mayor efectividad de conservación de los compuestos volátiles, formando infinidad de películas viscoelásticas que envolvieron las micropartículas durante el secado por aspersión del jugo de mango —protegiéndolo de la degradación de compuestos volátiles por efecto de la temperatura—.

El rendimiento del producto en polvo obtenido mediante el secado por aspersión del jugo de mango fue de 80 gramos por cada muestra del tratamiento T_1 (extracto sin encapsulantes). Por su parte, en los tratamientos donde se usaron encapsulantes (T_2 y T_3), en cada una de estas muestras, el rendimiento del producto en polvo generado por secado por aspersión fue de 130 gramos. Estos rendimientos del producto en polvo son similares a los encontrados por González y su equipo de investigación¹², en el producto en polvo obtenido por secado por aspersión de extracto de guanábana, y también con González y sus colaboradores¹³, en el polvo alcanzado por secado por aspersión de sandía, respectivamente.

Para finalizar con este capítulo de los resultados obtenidos en este proyecto, se observó también que el producto en polvo obtenido durante el secado por aspersión del jugo de mango es de color amarillo, y el polvo se aprecia fino y fácil de diluir en agua

para sus posteriores usos en la industria alimentaria.

Conclusiones

Los agentes encapsulantes resultan benéficos para ayudar a la conservación de los compuestos volátiles durante el secado por aspersión del jugo de mango, siendo mejor el tratamiento donde se usó la mezcla de maltodextrina y goma arábica al 0.5 % (p/p).

Se recomienda seguir realizando investigaciones del secado por aspersión de jugo de mango, ya que se sugiere estudiar la vida de anaquel del producto en polvo, y la incorporación y usos potenciales en la industria alimentaria.



Referencias

1. AJILA, C.M., AALAMI, M., KRISHNARAU, L. and, PRASADA RAO, U. Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 11: 219-224. 2010. ISSN: 1466-8564.
2. GONZÁLEZ-PALOMARES, S., GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, R., y LARA RIVERA, A. H. Comparación de tres métodos de extracción de compuestos volátiles de mango (*Mangifera indica* L. Var. Tommy Atkins). *Universo de la Tecnológica*. [En línea]. 10(2):8-10. 2018. [Fecha de consulta: 22 de abril de 2021]. https://www.researchgate.net/publication/327172971_Comparacion_de_tres_metodos_de_extraccion_de_compuestos_volatiles_de_mango_Mangifera_indica_L_Var_Tommy_Atkins
3. BENDER, R.J., BRECHT, J.K., BALDWIN, E.A., and MALUNDO, T. Aroma volatiles of mature- green and tree-Ripe 'Tommy Atkins' mangoes after controlled atmosphere vs. air storage. *HortScience: a publication of The American Society for Horticultural Science*. 35(4):684-686. 2000. ISSN: 0018-5345.
4. LEBRUN, M., PLOTTO, A., GOODNER, K., DUCAMP, M., and BALDWIN, E. Discrimination of mango fruit maturity by volatiles using the electronic nose and gas chromatography. *Postharvest Biology and Technology*. 48(1):122-131. 2008. ISSN: 0925-5214.
5. RIVERA, L.H., GONZÁLEZ, H.M., GONZÁLEZ, S., y DEL VAL, R. Identificación de compuestos volátiles en mango (*Mangifera indica* L. Var. Tommy Atkins) de Tomatlán, Jalisco. *ProyectaTec*. [En línea]. (7):11-14. 2017. [Fecha de consulta: 22 de abril de 2021]. https://www.researchgate.net/publication/321062141_Identificacion_de_Compuestos_Volatiles_en_Mango_Mangifera_indica_L_Var_Tommy_Atkins_de_Tomatlan_Jalisco
6. PINO, J. A., MESA, J., MUÑOZ, Y., MARTI, M.P., and MARBOT, R. Volatile components from mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *J. Agric. Food Chem*. 53:2213-2223. 2005.
7. BAKRY, A. M., ABBAS, S., ALI, B., MAJEED, H., ABOUELWafa, M.Y., MOUSA, A., and LIANG L. Microencapsulation of Oils: A Comprehensive Review of Benefits, Techniques, and Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 15(1):143-182. 2015. ISSN: 1541-4337.
8. NADDAF, L., AVALO, B., and OLIVEROS, A. Secado por aspersión de jugo natural de naranja, utilizando los encapsulantes maltodextrina y goma arábiga. . *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*. 35(1):20-27. 2012. ISSN: 0254-0770.
9. MERIZALDE, A., TUPUNA, D.S., y RUALES, J. Microencapsulación de carotenoides presentes en la pulpa de mango (*Mangifera indica* L. var. Tommy Atkins) mediante secado por atomización. XIV Conferencia Internacional sobre Ciencia y Tecnología de los Alimentos – CICTA. La Habana, Cuba. 1-13. 2018.
10. PAJARO, N. P., GRANADOS, C., TORRENEGRA, M. E., OSORIO, M. R., PAJARO, E. J. and LEÓN, G. Microencapsulation of pulp of *Mangifera indica* L. by spray drying and antioxidant activity. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 9(12):181-185. 2017. ISSN: 2656-0097.



11. SRI Agustini. The Characterization of Mango (*Mangifera indica* L) Powder of Various Drying Temperature. Journal of Physics: Conference Series, The 6th International Conference of the Indonesian Chemical Society, Palembang, South Sumatra, Indonesia. 1-8. 2018.
12. GONZÁLEZ, S., HERNÁNDEZ, A., y GONZÁLEZ, H.M. Guanábana (*Annona muricata* L.) en polvo secado por aspersión. Reaxión. [En línea] . 3 (1): Septiembre – diciembre 20'15. [Fecha de consulta: 22 de abril de 2021]. http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Guanabana_polvo_secado_por_aspersion_Soursop_in_spray_dried_powder.html ISSN: 2007-7750.
13. GONZÁLEZ, H. M., GONZÁLEZ, S. y ROSALES, T. Caracterización de compuestos volátiles durante el secado por aspersión de jugo de sandía (*Citrullus lanatus* ThunB.). Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 19(51):10-15. 2011. https://www.researchgate.net/publication/271647351_Caracterizacion_de_compuestos_volatiles_durante_el_secado_por_aspersion_de_jugo_de_sandia_Citrullus_lanatus_Thunb ISSN: 1665-4412-
14. CODEX Stan 184. Norma del Codex para el mango. 2005. https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/docs/Norma_Codex_Alimentarius_mango.pdf
15. CUEVAS-GLORY, L. F., ORTIZ-VÁZQUEZ, E., CENTURIÓN-YAH, A., PINO, J.A., y SAURIDUCH, E. Desarrollo de un método por microextracción en fase sólida para el análisis de la fracción volátil de la miel de abeja de Yucatán. Técnica Pecuaria en México. 46(4):387-395. 2008. ISSN: 0040-1889.
16. MORENO, A., LEÓN, D.F., GIRALDO, G.A., and RÍOS, E. Análisis del perfil de compuestos volátiles del mango (*Mangifera indica* L. var. Tommy Atkins) tratado por métodos combinados. Revista Colombiana de Química. 39(1):61-72. 2010. ISSN: 0120-2804.

Fecha de recepción

24/04/2021

Fecha de aceptación

16/09/2021

Fecha de publicación

31/01/2022



Herramientas estadísticas como estrategias de mejora en los procesos de línea en el sector automotriz

Statistical tools such as improvement strategies in the line assembly processes in the automotive sector

María del Carmen Chacón Olivares y Edgar Augusto Ruelas Santoyo /
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

Resumen

Actualmente la industria automotriz requiere de procesos más eficientes para satisfacer la demanda, y así sobrevivir en un mundo competitivo y con creciente apertura comercial internacional.

Este artículo propone la metodología Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PDCA), conocida también como mejora continua, que tiene como base el análisis estadístico de datos para diagnosticar e identificar fallas y rechazos en una línea de ensamble en la que no se cumple con las especificaciones de calidad en una parte del proceso. La metodología propuesta tiene un alto potencial de convertirse en una herramienta auxiliar para diagnosticar, identificar las causas del problema, además de auxiliar en la toma de decisiones para el desarrollo de estrategias que den solución a la problemática. Se puede determinar que la implementación de herramientas estadísticas es de fundamental importancia para obtener indicadores clave de medición y resultados (KPI) en los procesos de ensamble en sector automotriz.

Palabras clave: metodología PDCA, KPI, mejora continua.

Abstract

Currently the automotive industry requires more efficient processes to meet demand, and thus survive in a competitive world with growing international trade openness.

This article proposes the Plan, Do, Verify and Act (PDCA) methodology, also known as continuous improvement, which is based on statistical data analysis to diagnose and identify failures and rejections in an assembly line that specifically does not meet with quality of specifications in a part of the process. The aim of the proposal has a high potential to become in an auxiliary tool to diagnose, identify the causes of the problem, as well as assist in decision-making for the development of strategies to solve the problem. It can be determined that the implementation of statistical tools is of fundamental importance in their application and thus obtain key measurement indicators and results (KPI) in the assembly processes in the automotive sector.

Keywords: PDCA methodology, KPI, continuous improvement.

Introducción

El desarrollo de este trabajo tiene como finalidad proporcionar información para la toma de decisiones relacionadas con medidas correctivas y preventivas en la línea de *blocks* en una empresa ensambladora en el sector automotriz, a fin de cumplir con las especificaciones del cliente interno, utilizando herramientas de control estadístico como la metodología Seis Sigma que, de acuerdo con Arias, Portilla y Castaño: “Es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, la cual se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y metodologías y diseños robustos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3 o 4 defectos por millón”¹.

Las fallas en las líneas de ensamble resultan ser un verdadero dolor de cabeza para las áreas de producción, mantenimiento y calidad. Estos eventos llegan a ocasionar problemas de producción: desde mala calidad en los productos hasta paros de línea, que se traducen en enormes pérdidas económicas.

Objetivos

Disminuir los rechazos de la cara trasera del *monoblock* de la operación en la línea de *blocks*, utilizando herramientas de control estadístico.

Objetivos específicos

- Identificar la operación exacta desde donde viene mal el desbaste que provoca los rechazos.
- Disminuir en un 80 % los índices de rechazos de *monoblocks* por mal acabado en la cara trasera.

Problema

La problemática identificada es que se presenta un porcentaje del 50 % de rechazos, ya que en la operación 140 (acabado final) de la cara trasera del *monoblock* se observa a simple vista que no cumple con las especificaciones requeridas, lo que trae como consecuencia un alto impacto en los tiempos de espera, llegando a producir un cuello de botella porque no se puede continuar con la producción debido al incumplimiento requerido de las especificaciones de la pieza, esto provoca fallos y tiempos muertos. Se hicieron una serie de pruebas estadísticas para esta operación con un historial de tres meses de antigüedad en el año de estudio (2019).

Definición del problema

La línea se ve afectada directamente al no cumplir con la producción diaria, hay dificultades de logística en relación con los materiales y deficiente utilización del recurso humano, lo que genera pérdidas económicas hasta del 40 % en la empresa. Por ello la línea se ve en la necesidad de revisar las operaciones para identificar las causas del problema localizado en esta operación. La línea de ensamble “es una



línea continua en donde se busca un balanceo de producción, este consiste en combinar la producción de modelos, de tal forma que la combinación no genere grandes variaciones del lado de motores y de transmisión”² (*heijunka*, como se conoce en japonés).

La línea de blocks en la empresa ensambladora automotriz presenta un porcentaje del 50 % de rechazos por un mal acabado de la cara trasera del monoblock (parte que alberga los pistones del cigüeñal, el árbol de levas en algunos motores, siendo el de mayor tamaño, que forma parte de la cámara de combustión; tiene propiedades tales como: ser de un material resistente a la torsión y a presiones, sin poros, y con dilatación y contracción para el control de la temperatura).

Esta situación trae como consecuencia un alto impacto en los tiempos de espera, y se llega a producir un cuello de botella porque no se puede continuar con la producción debido al incumplimiento requerido de las especificaciones de la pieza, lo que provoca fallos y tiempos muertos para continuar con el proceso. La línea se ve afectada directamente en no cumplir con la producción diaria, generando pérdidas económicas hasta del 40 % en la empresa. Por ello la línea se ve en la necesidad de revisar las operaciones para identificar desde donde viene el problema localizado en esta operación (Figura 1).

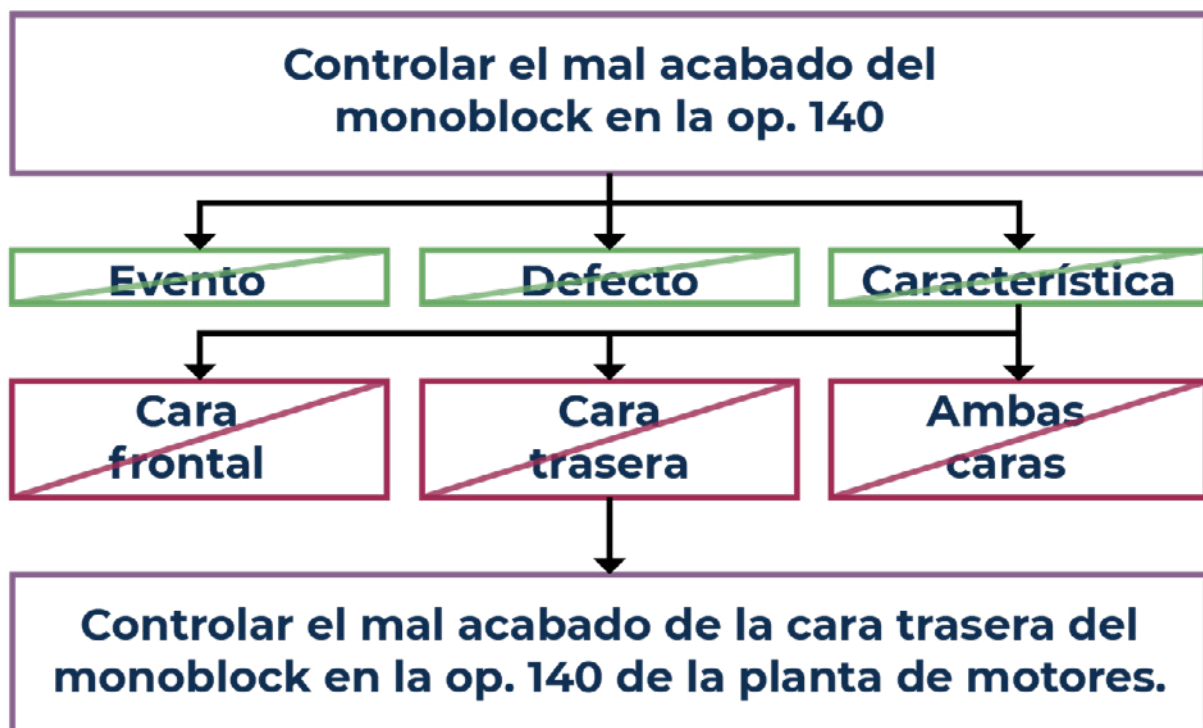


Figura 1. Resultados de las consecuencias del mal acabado del monoblock en la op. 140. Elaboración propia

Método

En la solución de la problemática encontrada se utilizaron herramientas estadísticas para resolver el problema, ya que con ellas se identificará, reducirá y controlará el nivel de rechazos de la operación. La metodología recomendable se denomina DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar, controlar), maneja instrumentos estadísticos, además de unidades que observan las variables de los procesos y sus relaciones, que dan soporte cuantitativo en la toma de decisiones de las características de la problemática detectada¹.

Se han realizado investigaciones donde se comprobaron los beneficios de implementar la metodología de control estadístico seis sigma, como en el trabajo de López y García² titulado *Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores*, que describe soluciones para una línea de envasado que presentaba tiempos efectivos de producción muy bajos, sin llegar a aprovechar la máxima capacidad en las líneas. Dicha metodología arroja datos cuantitativos para la toma de decisiones y diseño de estrategias para resolver la problemática que se presentan en los índices de mantenimiento y capacitación en las áreas involucradas.

Mientras que en el artículo “Aplicación de Seis Sigma en una microempresa del ramo automotriz”³ se presentan las ventajas de la implementación de la metodología, como la reducción de los costos o mermas por la falta de calidad y reducir la ineficiencia de los productos, además algo importante de resaltar es el planteamiento de la importancia de esta herramienta en las pymes, ya que les aporta valor y ventajas

competitivas.

Otra aportación es la de los autores Navarro, Gisbert y Pérez⁴, quienes exponen las ventajas de la metodología Seis Sigma: aporta soluciones a corto plazo ante problemas repetitivos; se compone de un diseño robusto, además de establecer tolerancias para definir un estándar y saber qué productos tienen o no la suficiente calidad para salir al mercado.

Es importante mencionar que esta metodología, además de ofrecer mejoras en los procesos y obtener productos con estándares de calidad establecidos en las normas vigentes de cada sector, ofrece también la disminución de desperdicios de materiales y recursos, como lo señalan García, Fernández y Brenis⁵.

De acuerdo con la revisión realizada, se observa que el uso de herramientas de control estadístico es viable para la estimación de desviaciones en procesos productivos generados en diferentes áreas del sector industrial, como lo es la filosofía Seis Sigma, que se fundamenta en métodos comprobados y utiliza varias herramientas en la aplicación de técnicas estadísticas. Estas herramientas se emplean dentro de un patrón simple de mejora del proceso establecido como: Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar, o DMAIC, que en la Tabla 1 se presentan brevemente.



Tabla 1. Características del proceso DMAIC. Elaboración propia, basada en información de Evans y Lindsay⁶ y Gutiérrez y De la Vara⁷

Etapas	Descripción	Herramientas
Define (Definir)	Planteamiento de los objetivos de la tarea o actividad a mejorar, que considera el mapeo de procesos, la ejecución de instrumentos o herramientas de resolución de problemas y las llamadas 7 Herramientas de la Calidad.	• Gráfica de Pareto • Diagrama de Ishikawa • Mapeos de cadena de valor (VSM)
Measure (Medir)	Medición del proceso; observa e identifica los principios de medición continua y discreta de datos, escalas de medida, un panorama general de los principios de variación, repetibilidad y reproducibilidad (RR) para estudios continuos y datos discretos. Como lo mencionan Evans y Lindsay: "Realizar una auditoría del proceso de recopilación de datos y validar los resultados" ⁶ .	• Gráfica de Pareto • Mapa de procesos • Diagrama entrada-proceso-salida (IPO) • Diagramas de dispersión • Control de proceso
Analyze (Analizar)	Analizar los procesos para identificar las formas de disminuir o eliminar la desviación entre el rendimiento actual del sistema o proceso y la meta deseada; esta etapa se realiza con la revisión de datos históricos.	• Gráficas de regresión, correlación y dispersión • Diagramas de causas y efectos
Improve (Mejorar)	El objetivo de esta etapa es exponer y establecer soluciones a la causa raíz de las desviaciones; lo más recomendable es establecer distintas formas o alternativas de solución que cubran no solo una variable de causa.	• Lluvia de ideas • Técnicas de creatividad • Hojas de verificación • Poka yoke⁷
Control (Controlar)	Establecimiento de los procesos con mejoras logradas que encaminen directamente al cierre y mantenimiento del proyecto establecido (ciclo de mejora continua).	• Mapas de procesos • Índices de productividad

Estas etapas se convierten en ciclo o modelo (Figura 2) para la gestión operativa y estratégica que dé soporte a una estructura de trabajo, lo que busca eliminar la desviación de los objetivos, así mismo, es importante que forme parte de una cultura organizacional y no solo sea utilizada como herramienta de emergencia en la solución de problemas.

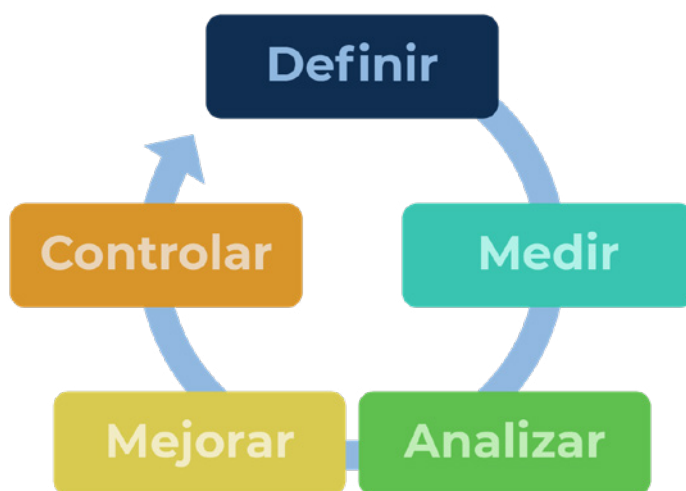


Figura 2. Etapas para la gestión operativa de una estructura de trabajo. Elaboración propia

Measure (Medir)

A continuación, se muestra el corte que presenta la cara trasera del block: la línea roja representa el corte que se debería tener, y la azul es el corte que se tiene actualmente, de manera que se muestran los puntos referenciados en la figura y salen de la nominal, por lo que no cumplen con los límites de especificación requeridos ni aceptados (Figura 3).

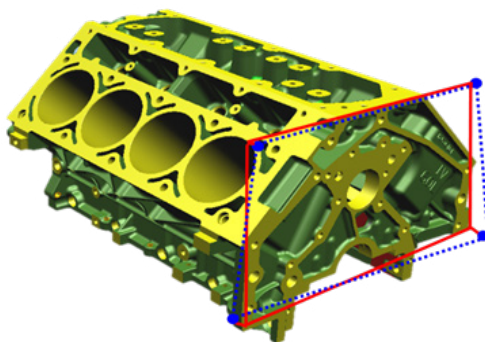


Figura 3. Especificaciones de calidad. Elaboración propia



En la siguiente gráfica (Figura 4) se muestra un promedio de los puntos que están fuera de especificación.

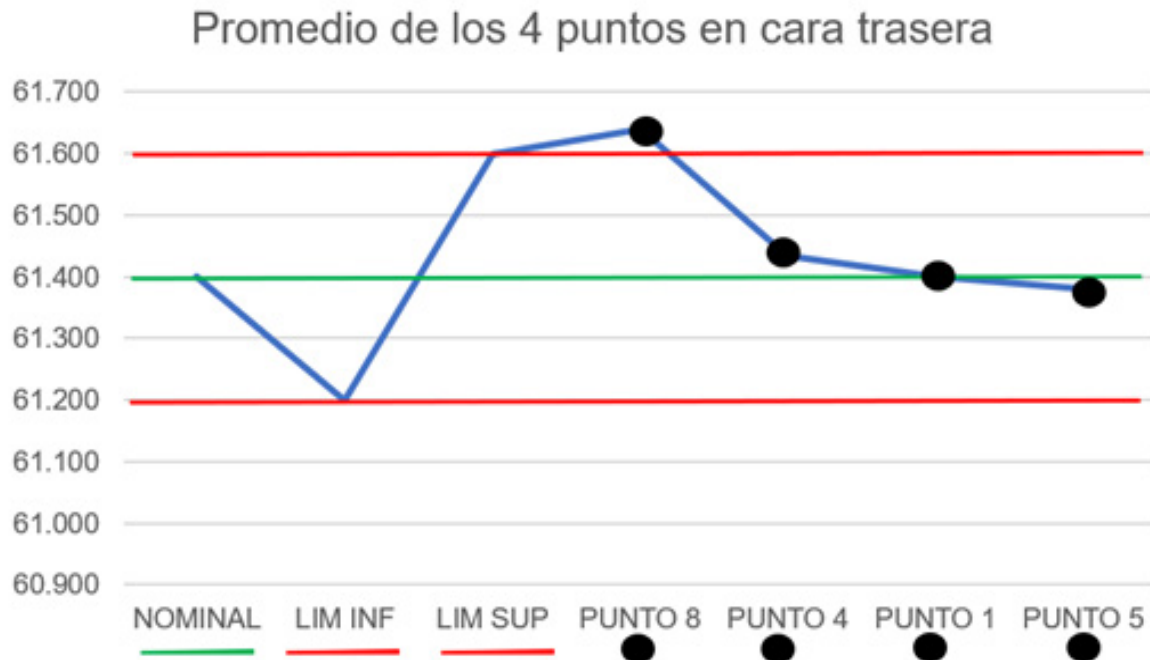


Figura 4. Promedio de los puntos fuera de especificación. Elaboración propia

En la gráfica anterior (Figura 4: “Promedio de los puntos fuera de especificación”), las líneas rojas representan los límites inferior y superior, la línea verde representa la nominal y la línea azul simboliza el promedio de la dispersión de los puntos fuera de especificación. Por lo que se observó que el punto que más dispersión tiene es el punto 8.

La distribución de los datos representa cómo se debería mostrar la variación del proceso de acuerdo a los límites inferior y superior de especificación si se comportara de una forma normal. De acuerdo a las variaciones que se tienen hasta el momento, la línea azul está representando que el proceso se encuentra desplazado con respecto a la especificación nominal de la característica de calidad, y la línea naranja representa cómo debería mostrarse el proceso si los datos fueran los correctos, delimitando las líneas rojas los límites inferior a la derecha y superior a la izquierda; entre más dispersos sean los datos más variación se tendrá y cuanto más cargada esté la curva hacia alguno de los límites, más desplazada de la nominal se encuentra, por lo que el proceso no cumple con los estándares requeridos (Figura 5).

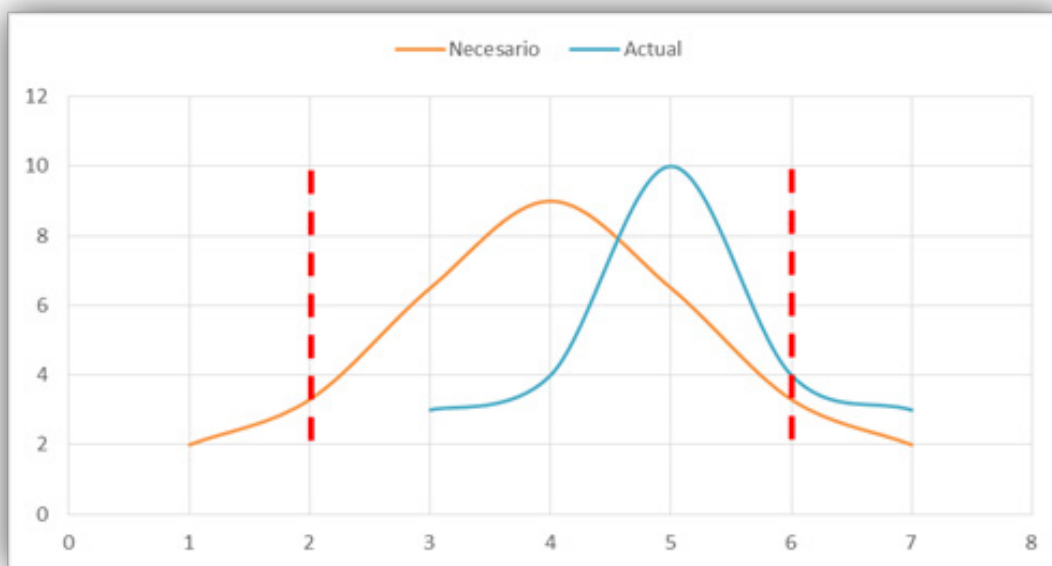


Figura 5. Distribución de datos. Elaboración propia

Analyze (Analizar)

El análisis de los procesos se realizó de acuerdo con las HTS (Hojas de instrucciones de trabajo), que contienen las instrucciones de cómo realizar la operación, verificando cada uno de los barrenos de manufactura, además de verificar que la o el operador esté realizando la operación de forma correcta, que esté colocando la pieza de forma adecuada al inicio de la operación. En esta parte se observó que las herramientas estuvieran trabajando de forma correcta, además de definir los críticos de calidad a través de parámetros como $C_p < 1$ y $C_{pk} < 1$ y nivel de sigma.

De acuerdo con la información obtenida, se pueden verificar las posibles causas del problema. Al hacer una evaluación se verificó que no es la causa raíz del problema, ya que el proceso se está realizando de acuerdo a las HTS, sin embargo en la evaluación del mismo se analizaron las herramientas (las cuales se puede observar que sí tienen cierto problema, aunque aun no es un hecho que sean la causa raíz, aunque tengan gran impacto); también se observó que el casting viene con excesos de material, por lo que puede ser que la herramienta no alcance a maquinarlo todo y tengan que hacerse posibles ajustes. Además, se tomaron muestras desde el inicio de turno, a mitad y a final de turno (de 6 a.m. a 6 p.m). En cada lapso hay variantes debido al enfriamiento de la maquinaria o rotación del equipo, por eso es por lo que se eligieron estos lapsos; estos datos se utilizan para calcular el C_p , C_{pk} y nivel de sigma.



La siguiente información representa el estudio de datos a partir de las mediciones obtenidas de los puntos de referencia para la revisión de Cp y Cpk. En la Tabla 2 se muestran los promedios obtenidos de la obtención de datos.

Tabla 2. Toma de datos de Cp y Cpk. Elaboración propia

PUNTO 1			PUNTO 2			PUNTO 3			PUNTO 4		
Datos	Cp	Cpk	Datos	Cp	Cpk	Datos	Cp	Cpk	Datos	Cp	Cpk
50	0.6498	0.3474	50	25.5	0.9512	50	1.2386	3.5344	50	3.731	0.12524

El Cp muestra si el proceso que se está analizando es capaz de realizar el trabajo dentro de los límites de especificación, y el Cpk muestra si los datos o el proceso se encuentran centrados respecto a los límites inferiores que en los gráficos señalan si el proceso es capaz de evitar variaciones que hagan que las piezas salgan de la nominal, por lo que no se estaría cumpliendo con los estándares de calidad.

De acuerdo con los indicadores establecidos de medición e Interpretación cualitativa del índice Cp, el punto número 8 no es adecuado y requiere de medidas de corrección inmediata.

Con la información anterior y con base a la revisión de los puntos básicos del proceso, se establece el diagrama causa- raíz (Figura 6).

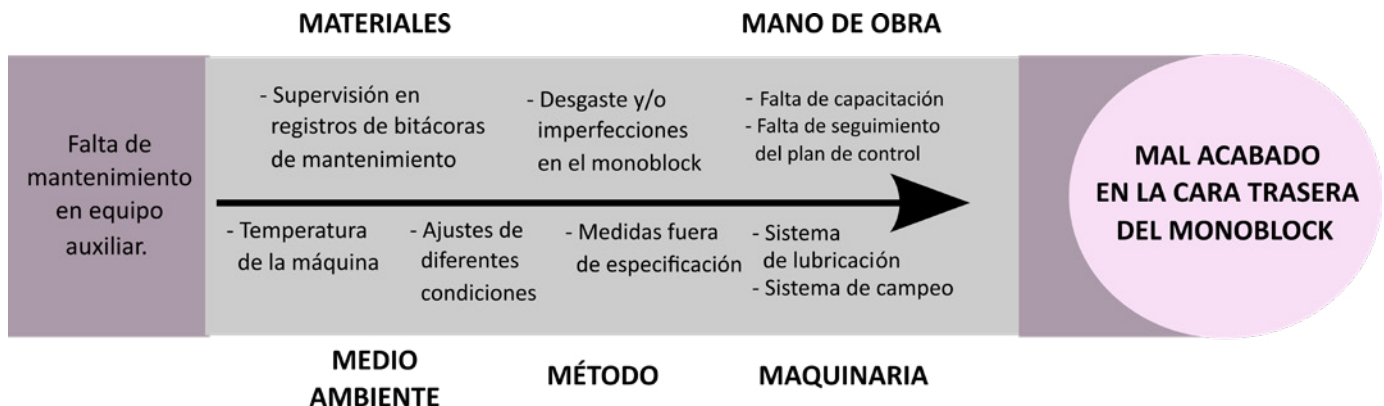


Figura 6. Diagrama de Ishikawa con posibles causas. Elaboración propia

Con base en el análisis anterior (Figura 6) se puede establecer que el problema del mal acabado de la cara trasera del monoblock, se encuentra principalmente en la maquinaria, ya que está desgastada, lo que provoca que el monoblock resulte champeado (operación de rectificado en el bloque motor o monoblock, que se realizan en los cilindros y en la plenitud de la cara que lo une), y no hace el desbaste correcto; también llegan a afectar las mediciones debido a que no se encuentra calibrado de forma correcta, ya que el tiempo de vida de la maquinaria ha llegado casi a su final.

Mejora

Al realizar los cambios y ajustes requeridos en la operación, se obtuvo una mejora en el acabado de la pieza, ya que como no la sujetaba correctamente el gripper (pinza neumática de agarre, es una herramienta que sirve para retener y liberar un objeto mediante unos “dedos” mientras se ejecuta una operación específica) no se le hacían los barrenos (piezas metálicas utilizadas para hacer pozos cilíndricos, cavar pozos para instalar postes o agujeros) de manufactura posteriores de forma correcta, por lo que la pieza iba mal asentada desde esa operación hasta el acabado final, que es la operación objeto de estudio (desbaste de cara trasera del *monoblock*).

Aun con los ajustes realizados, la capacidad de proceso sigue fuera de especificación, por lo que se concluye que los parámetros no son la causa raíz y se hará ahora el cambio total de la herramienta; el proceso aún se encuentra muy disperso (figuras 7, 8, 9 y 10).

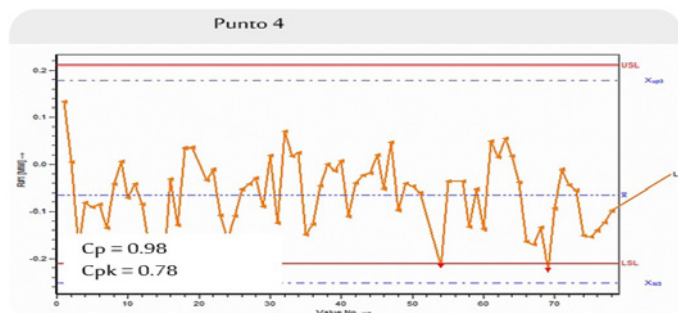


Figura 7. Proceso ajuste p4. Elaboración propia

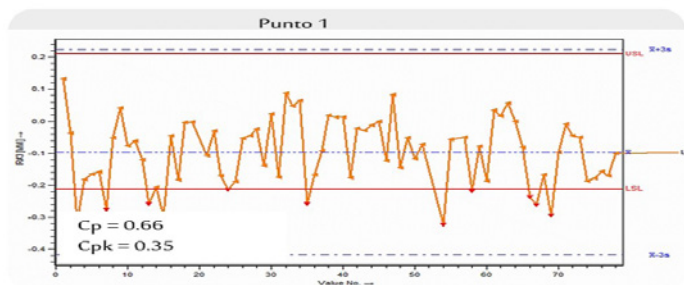


Figura 8. Variación del proceso después de ajustes p4. Elaboración propia

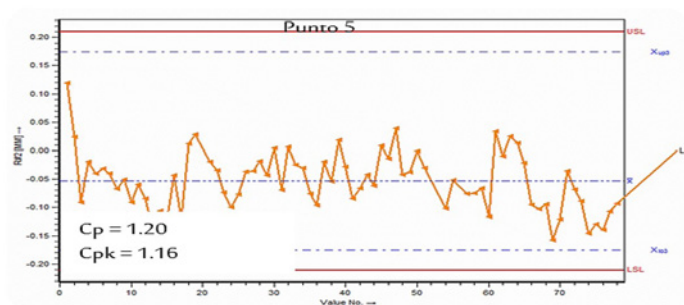


Figura 9. Proceso de ajustes p5. Elaboración propia

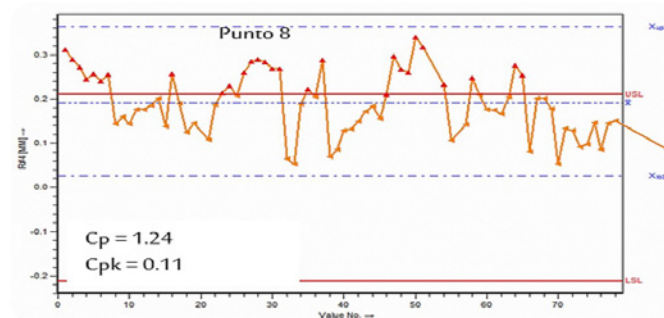


Figura 10. Variación después del ajuste p5. Elaboración propia

Resultados

La habilidad del proceso va en mejora en cuanto a la variación, como complemento de información se tiene acumulación de rebaba en el *fixture* (sujeción en un proceso de ensamble), específicamente en los elementos de rectificación, esto origina una mala sujeción de la pieza al momento del maquinado.

Al champear o rectificar la pieza, durante el proceso se encuentra en variación, aún se encuentran rebabas en los barrenos y no se hacen maquinados completos, por esta razón se volverán a hacer los ajustes correspondientes.

Al realizar los ajustes de parámetros se vuelve a hacer una evaluación de proceso por segunda vez, esperando que en esta ocasión se hayan hecho los ajustes finales y que el proceso sea capaz de producir dentro de los límites de especificación requeridos.

Con los ajustes realizados se observa que ahora si se cuenta con los límites de especificación requeridos, por lo que se puede decir que el proceso es estable ya que no sale de los límites y se encuentra sobre la nominal.

Al analizar el histórico con los nuevos datos, se obtiene la siguiente gráfica en cuanto a los rechazos y las mejoras que se obtuvieron al realizar el cambio y limpieza de herramientas. Volviendo a hacer pequeños ajustes, nuevas mejoras en las últimas semanas del proyecto, se tienen las siguientes mejoras, además de mostrar un comparativo de la semana 13 hasta la semana 17 (que fue el término del proyecto).

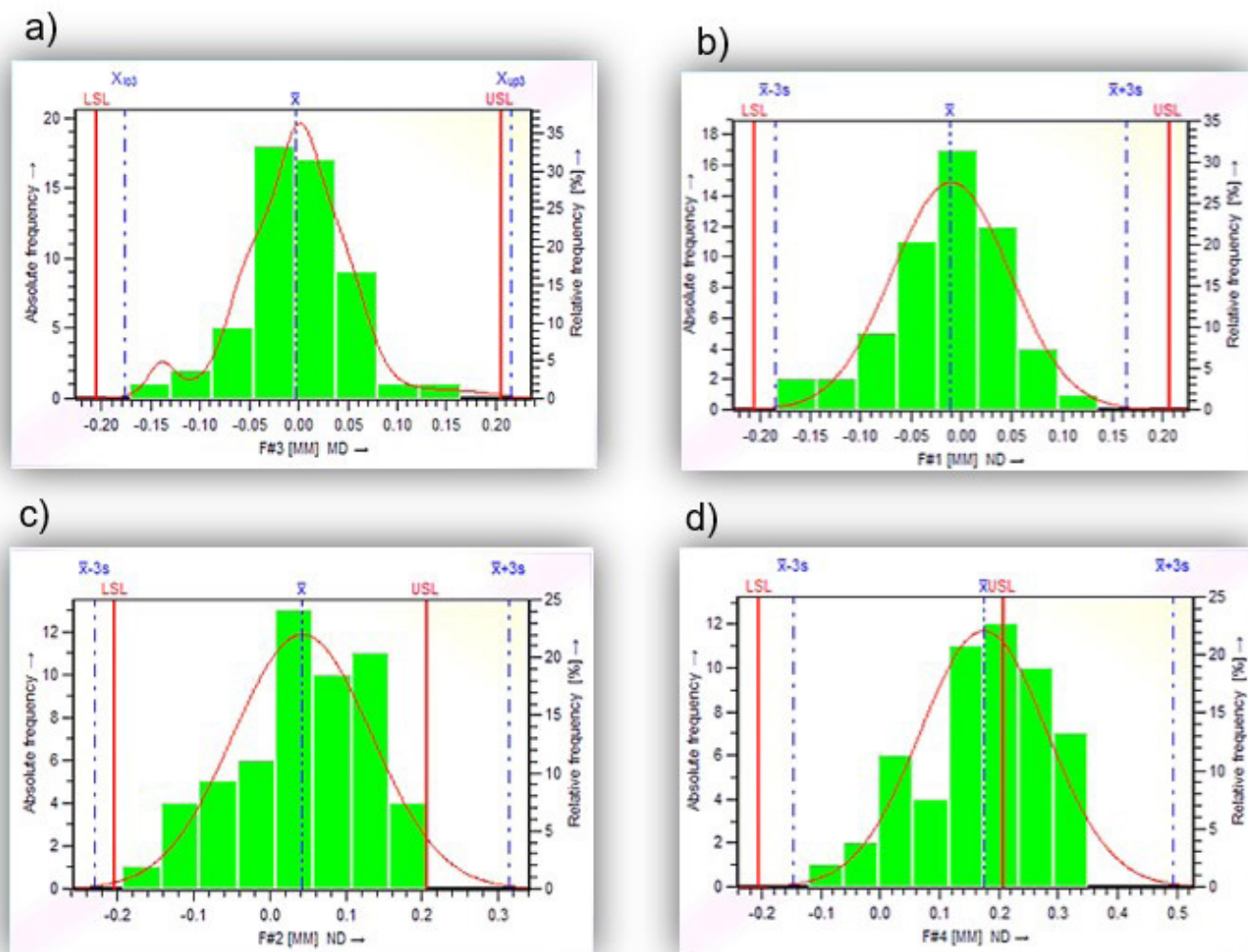


Figura 11. Campana de Gauss de acuerdo con el Cp y Cpk de cada uno de los puntos. Elaboración propia

Como se observa en la Figura 11, los ajustes realizados se encuentran dentro de los límites de especificación de calidad, esto es una mejora para el proceso y para la empresa, ya que se redujo considerablemente la cantidad de ppm que se tenían.

Analizando el histórico frente a los nuevos datos, se obtiene la gráfica que se observa en la Figura 12, que muestra la variación en disminución de rechazos en el proceso de estudio.

Cabe mencionar que las mejoras que se obtuvieron al realizar el cambio y limpieza de herramientas utilizadas en la operación, conlleva al cumplimiento del objetivo de eliminar



los rechazos generados en la línea de ensamble. Además de haber identificado que el problema no se encontraba directamente en la operación, sino es el mantenimiento de maquinaria los barrenos de manufactura: El problema se encontraba principalmente por el desgaste de las herramientas, la suciedad y rebaba que tenía, lo que provocaba un mal champeo en la pieza.

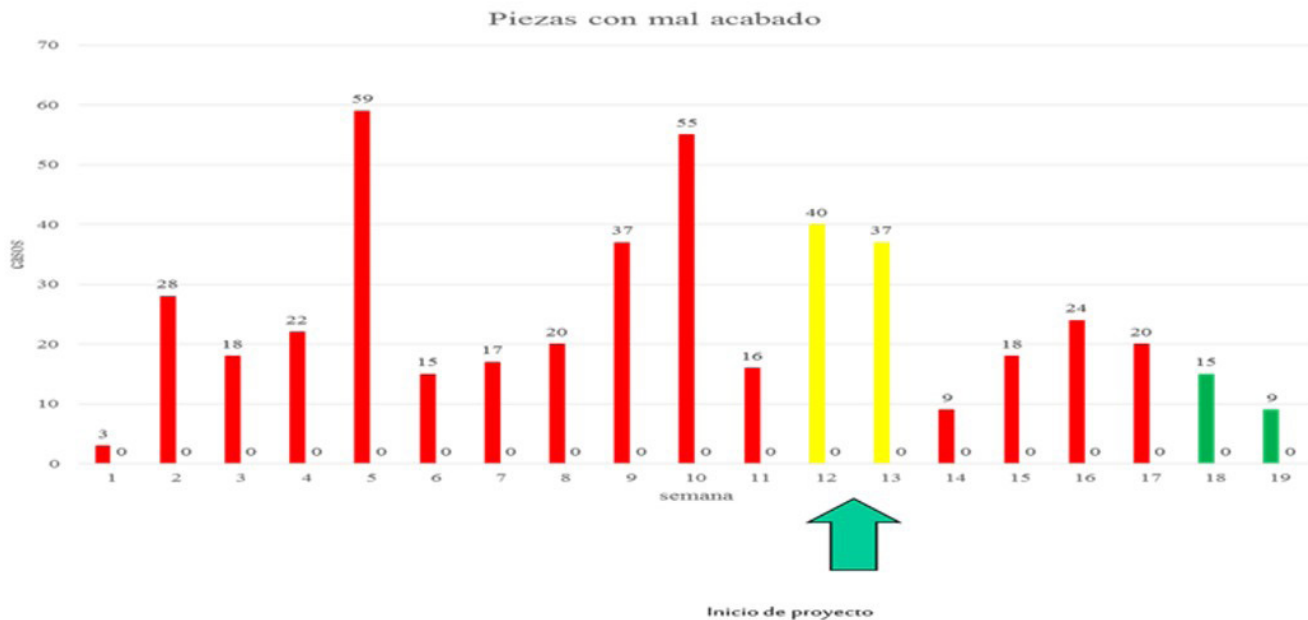


Figura 12. Piezas con mal acabado. Elaboración propia

Controlar

Los planes de control dan la representación de forma escrita de los sistemas usados para identificar las desviaciones de los procesos frente a los estándares establecidos en la planeación, de acuerdo con normas de calidad. Señalan de manera específicas mejoras del proceso a realizar (instrucciones), explicando los pasos o métodos para asegurar que las mejoras al proceso se lleven a cabo de manera sostenida a través del tiempo.

control no reemplaza las instrucciones detalladas para llevar a cabo el proceso, este debe de ser actualizado y evaluado continuamente por el área correspondiente, en este caso específicamente se realizó para disminuir la variación del producto y el proceso. Por esta razón es necesario que el plan de control sea realizado y vigilado de forma correcta para que estos hallazgos no vuelvan a ocurrir y que el proceso siga dentro de los límites de control estadístico.

Es importante mencionar que el plan de

Además de saber qué hacer en caso de que



estos hallazgos pudieran volver a ocurrir, se podrían tomar luego las acciones necesarias. El plan de control ayuda a cumplir otro de los objetivos: evitar rechazos por malos acabados.

Conclusiones

La generación del crecimiento de ventaja competitiva en las empresas se da a partir del establecimiento de procesos con estándares de calidad, por lo que la utilización de metodologías que reduzcan la variación en los mismo es de suma importancia, tal es el caso de la implantación de DMAIC.

La utilización de diagramas de análisis para establecer las causas fue de gran importancia en el análisis de la problemática presentada de rechazos en el armado del *monoblock*, además de la medición con los indicadores C_p y C_{pk} , que permiten una correcta lectura de las variaciones del proceso.

La cultura de las empresas enfocadas a procesos de calidad permite trabajar con esta metodología para disminuir errores y defectos que impactan en costos y disminución de utilidad financiera o rentabilidad.

Para el logro del objetivo es de vital importancia la implementación de esta metodología que viene a sumar en la integración de todos los esfuerzos de la empresa por lograr una participación del mercado y consolidación como líderes en el sector automotriz a nivel internacional.

Los procedimientos que se tienen pueden

ser mejorados para que exista un mejor control de calidad en las piezas maquinadas y evitar paros por rechazos dentro de las operaciones, y sobre todo evitar retrabajos que ocasionan cuellos de botella. Con la mejora que se realizó, se logró la reducción de rechazos en un 98 %, por lo que habrá un incremento en la producción, y se eliminó el 80 % de pérdidas económicas que se generaban en los *blocks* a los cuales no se les podía aplicar el retrabajo por los rechazos ya mencionados anteriormente.

Como resultado, se tiene que al implementar en la principal problemática la metodología Seis Sigma, se logró una mejora significativa, además de identificar a través del análisis el factor por el cual se generó la situación presentada, determinándose que fue en la cara trasera del *monoblock*, lo que permitió ajustar y mejorar el área, y se obtuvo como resultado una significativa y notoria mejora desde el inicio hasta la semana 17 (Figura 11).

Con la implementación de las metodologías de mejoras (Seis Sigma, DMAIC y PDCA), así como la aplicación de herramientas de estadística (KPI), se logró mejorar los rechazos generados en la operación, cumpliendo con los objetivos predeterminados en la industria automotriz de acuerdo con la ISO 9000.



Referencias

1. ARIAS, L., PORTILLA, L. y CASTAÑO, J. Aplicación del six sigma en las organizaciones. *Scientia et Technica*. [En línea]. 2008. XIV(38): 265-270. [Fecha de consulta: 29 de enero de 2022]. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903846> ISSN: 0122-1701.
2. PÉREZ-LÓPEZ, E. y GARCÍA-CERDAS, M. Implementación de la metodología DMAIC- Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. *Tecnología en Marcha*. Vol. 27 (3): 88-106. Julio – setiembre, 2014. ISSN: 2215-3241.
3. TOLAMATL MICHCOL, J., GALLARDO GARCÍA, D., VARELA LOYOLA, J. A. y FLORES ÁVILA, E. Aplicación de Seis Sigma en una Microempresa del Ramo automotriz. *Conciencia Tecnológica*. Núm. 42: 11-18. Julio – diciembre 2011. ISSN: 1405-5597.
4. NAVARRO, A., GISBERT, S. y PÉREZ, M. Metodología e implementación de Six Sigma. *3C Empresa: Investigación y Pensamiento Crítico*. Diciembre 2017 Edición Especial: 73-80. 22 de diciembre de 2017. ISSN: 2254-3376.
5. GARCÍA, L. E., FERNÁNDEZ, G. y BRENIS, A. Mejora del Sistema de Medición: Un caso aplicado en la Industria Automotriz. *Conciencia Tecnológica*. Núm. 45: 41-46. Enero – junio, 2013. ISSN: 1405-5597.
6. EVANS, J. R. y LINDSAY, W. M. Administración y control de la calidad. 9ª. Edición. México: Cengage Learning Editores. 2014. ISBN: 978-1-285-06946-3
7. GUTIÉRREZ, H. y DE LA VARA, R. Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. 3ª. Edición. México: McGraw-Hill. 2013. ISBN: 978-607-15-0929-1

Fecha de recepción

06/07/2021

Fecha de aceptación

14/12/2021

Fecha de publicación

31/01/2022



Acuicultura: seguridad alimentaria y su dependencia energética y tecnológica, casos Colima y Jalisco

Aquaculture: food security and its dependency energy and technology, case study states of Colima and Jalisco

Adrián Tintos Gómez, Joel Salome Baylon, Juan Antonio Díaz Gómez y Gloria Edith Villarreal Rodarte / Universidad Tecnológica de Manzanillo

Resumen

Actualmente las actividades acuícolas deben ir encaminadas a la sostenibilidad, incluyendo los aspectos ambientales, sociales, económicos y tecnológicos que permitan mejorar las prácticas de producción, hacerlas eficientes y rentables. En Colima y Jalisco se identificó la necesidad de emprender proyectos de desarrollo tecnológico e investigación, que coadyuven a disminuir la problemática que actualmente presenta la acuicultura: poco desarrollo de tecnología aplicada, altos costos energéticos, difícil acceso al uso de energías renovables, a fin de producir alimentos de calidad con estrategias competitivas, innovadoras y sostenibles. Mediante la realización del Foro de consulta virtual: "Acuicultura: seguridad alimentaria y su dependencia energética y tecnológica", una encuesta y visitas presenciales a granjas piscícolas, se concluye la necesidad de reforzar la vinculación de las Instituciones de Educación Superior (IES) con el sector acuícola para el desarrollo tecnológico pertinente y la capacitación del sector acuícola, a través de la implementación de políticas públicas hacia la sostenibilidad.

Palabras clave: Sostenibilidad, acuicultura, desarrollo sustentable, Colima, energías renovables.

Abstract

Today aquaculture activities must be directed towards sustainability, including environmental, social, economic and technological aspects that allow improving production practices, making them efficient and profitable. In Colima and Jalisco, it was identified the need of undertaking research and technological development projects which help reduce the problems that aquaculture currently presents, such as the little development of applied technology, high energy costs and difficult access to the use of renewable energies, in order to produce quality food with competitive, innovative and sustainable strategies. Through the realization of the Virtual Consultation Forum: "Aquaculture: food security and its energy and technological dependence", surveys and face-to-face visits to fish farms, it is concluded the need to reinforce the link between Higher Education Institutions with the aquaculture sector for the proper technological development and training through the implementation of Public Policies towards sustainability.

Keywords: Sustainability, aquaculture, sustainable development, Colima, renewable energy.



Introducción

Datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)¹ publicados en el documento *El estado mundial de la pesca y la acuicultura* (SOFIA, por sus siglas en inglés) del 2020, indican que en la producción de pescado en la acuicultura predominaba los peces de aleta (54.3 millones de toneladas; 47 millones de toneladas de la acuicultura continental y 7.3 millones de toneladas de la acuicultura marina y costera), los moluscos, principalmente los bivalvos (17.7 millones de toneladas) y los crustáceos (9.4 millones de toneladas). La contribución de la acuicultura a la producción pesquera mundial alcanzó el 46.0 % en 2018; a nivel regional, la acuicultura representó el 17.9 % de la producción pesquera total de África, el 17.0 % de Europa, el 15.7 % de América y el 12.7 % de Oceanía.

La acuicultura continental produjo la mayor parte del pescado cultivado (51.3 millones de toneladas, o el 62.5 % del total mundial), principalmente en agua dulce, en comparación con el 57.7 % en 2000, de acuerdo con la FAO¹.

El 80 % de la producción acuícola actual deriva de animales que se encuentran en la parte inferior de la cadena alimentaria, como peces omnívoros, herbívoros y moluscos. Teniendo en cuenta su comportamiento dinámico en los últimos 30 años y la disminución de la pesca de captura, es probable que el crecimiento futuro del sector pesquero derive principalmente de la acuicultura.

Al día de hoy las actividades acuícolas

deben ir encaminadas a la eficiencia y la sostenibilidad, incluyendo los aspectos ambientales, sociales, económicos y tecnológicos que cumplan, entre muchos objetivos, con la mejora de las prácticas de producción, hacerlas más eficientes y rentables. Esto resulta prioritario al considerar que entre las principales amenazas y/o problemas que enfrenta la humanidad están la falta de alimento y los efectos del cambio climático (atribuido a actividades antropogénicas y al inadecuado manejo de los recursos naturales), colocando al ser humano en un estado de vulnerabilidad dependiente de la posición geográfica y del desarrollo tecnológico para asegurar la supervivencia (FAO, 2020)¹.

México no es la excepción, y muestra signos de vulnerabilidad alimentaria, tales como la alta dependencia en importaciones de alimentos entre granos, hortalizas, frutas, cárnicos, lácteos, pescados y mariscos, para satisfacer el consumo de alimento del pueblo mexicano. En otras palabras, nuestro país no es autosuficiente en la producción de sus alimentos y por consecuencia es dependiente de la producción de alimento en el extranjero.

La acuicultura se presenta como una actividad cuya importancia radica en la producción de alimentos de calidad. Más de la mitad del total de los alimentos de origen acuático consumidos hoy por la población mundial provienen de la acuicultura. La FAO¹ estima que para 2030 más del 65 % de los alimentos acuáticos derivarán de la acuicultura.

En lo que respecta a la producción acuícola en los estados de Jalisco y Colima, es una actividad generadora de empleo y

productora de alimentos para autoconsumo, además de su comercialización en mercados regionales y nacionales.

El problema de la deficiente producción de alimentos en México está inmerso en un complicado escenario, donde interactúan variables sociales como son los malos hábitos alimenticios, una educación deficiente en el reforzamiento de valores universales y un bajo capital social en el sector productivo primario, integrado por ejidatarios y pescadores. Por otro lado, variables no menos importantes que las sociales, son la instrumentación de políticas públicas que busquen el empoderamiento de los sectores productivos primarios, que permita aumentar el capital social y el desarrollo rural sostenible (Bustillo et al., 2008)², mediante acciones de capacitación de competencias y desarrollo y/o transferencia tecnológica que hagan competitivos al sector productivo agropecuario en el escenario internacional globalizante (Bustillo y Martínez, 2008)³.

El Gobierno de Colima, en su Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021, traza el rumbo para brindar un mayor bienestar a sus habitantes, basado en un desarrollo sostenible, por medio de una economía del conocimiento y sector agropecuario productivo, sustentable y fiel a su historia⁴. En dicho plan estatal, específicamente en referencia al sector pesquero y acuícola, señala que se atiende mediante el *Subprograma de impulso al sector pesquero y acuícola*, cuyo objetivo es: “Lograr que las Unidades Económicas Pesqueras y Acuícolas incrementen su productividad, en un marco de sustentabilidad, otorgando incentivos a la producción a la agregación de valor, a la comercialización y fomento al consumo; así

como el aprovechamiento sustentable de los recursos pesqueros y acuícolas, con la finalidad de incrementar su rentabilidad”⁴.

En línea, el Plan Estatal de Gobernanza y Desarrollo de Jalisco 2018-2024, en su eje de Desarrollo Rural plantea como objetivo potencializar el liderazgo de Jalisco en materia agropecuaria a nivel nacional, ampliando, rehabilitando y modernizando la infraestructura rural productiva, desarrollando las capacidades productivas y la asistencia técnica para los productores del campo, incrementando el valor agregado y la comercialización de los productos del sector primario, mejorando la sanidad e inocuidad de los productos agropecuarios, promoviendo los sistemas y prácticas de producción agropecuaria sustentable e incrementando la innovación y tecnificación de los procesos que eleven la productividad del campo y la calidad de vida de los productores⁵.

Objetivo

Conocer el estado actual que guarda la actividad acuícola respecto a la seguridad alimentaria y su dependencia energética y tecnológica en las entidades de Colima y Jalisco, México.

Materiales y métodos

Se utilizaron como instrumentos de estudio un foro virtual y un levantamiento etnográfico físico, acompañado con la aplicación de una encuesta dirigida.



Foro virtual de acuicultura

El espacio virtual de diálogo fue llamado *Foro virtual de acuicultura: seguridad alimentaria y su dependencia energética y tecnológica*; y fue llevado a cabo los días 28 y 29 de abril del 2020 con la participación de 45 asistentes en modalidad virtual, donde se compartieron e intercambiaron experiencias de parte de investigadores e investigadoras, productores y productoras, estudiantes, personal funcionario de gobierno, personal académico-investigador-tecnólogo y agentes de ventas de tecnología y equipos relacionados con la acuicultura. A través de las dinámicas de interacción se tuvo una retroalimentación intersectorial.

Con la participación del licenciado en oceanología Juan Carlos Lapuente Landeros, Director de Investigación en Acuicultura, del Instituto Nacional de Pesca, con la ponencia “Programa de Proyectos de Transferencia Tecnológica en Acuicultura”; del Dr. Leonardo Ibarra Castro, Investigador del CIAD-Mazatlán, con la ponencia “Papel de la Acuicultura y Desarrollo tecnológico para la seguridad alimentaria” y el biólogo Jesús Ramírez Jiménez, productor y propietario de PINAGRO, con la ponencia “La Oxigenación como un Factor Limitante en los Cultivos Intensivos en Acuicultura”.

(UEPA), que se describen en la Tabla 1. Se hizo lo mismo en 3 UEPA en el estado de Colima, descritas en la Tabla 2. En ambos estados las UEPA analizadas son piscícolas. Este estudio es más cualitativo que cuantitativos, debido a la pandemia del COVID 19, lo que dificultó el traslado a las granjas y muchas de ellas no aceptaron ser visitadas; se seleccionó un grupo UEPA por estado (Jalisco y Colima), preferentemente piscícolas, considerando su capacidad productiva.

Levantamiento etnográfico

Para el levantamiento etnográfico físico, acompañado con la aplicación de una encuesta dirigida en el estado de Jalisco, se visitaron y se encuestaron seis Unidades Económicas de Producción Acuícola



Tabla 1. UEPA visitadas y encuestadas en el estado de Jalisco. Elaboración propia

Nombre	Municipio	Especie
Granja acuícola Aguacatitlán S.C. de R.L.	Atoyac	Trucha arcoíris (engorda)
Centro acuícola Tizapán El Alto/ SADER Jalisco	Tizapán el Alto	Tilapia, bagre y pez blanco (producción de cría)
Granja acuícola Los Altos	Yahualica de González Gallo	Tilapia (engorda)
Adriana Isabel Maldonado Pérez	Tlaquepaque	Peces de ornato (producción)
Agro Acuícola del Ventarrón S.P.R. de R.L.	Tlajomulco de Zúñiga	Tilapia (producción de cría)
Centro acuícola Clavellinas /SADER Jalisco	Tuxpan	Tilapia (producción de cría)

Tabla 2. UEPA visitadas y encuestadas en el estado de Colima. Elaboración propia

Nombre	Municipio	Especie
Granja acuícola de Occidente	Manzanillo	Tilapia (producción de crías y engorda)
Granja acuícola Doble T	Tecomán	Tilapia (engorda)
Grupo Lizama	Comala	Tilapia (engorda)



Resultados

En cuanto al *Foro virtual de acuicultura*, con la participación de todas y todos los actores involucrados en el desarrollo de la acuicultura sustentable, a través de las dinámicas de interacción se tuvo una retroalimentación intersectorial, y se concluyó lo siguiente:

- Falta seguimiento y asesoramiento oportuno a los proyectos acuícolas, para su correcta aplicación y logro de sus objetivos, evitando su abandono por el productor o productora.
- Ausencia de vinculación de Instituciones de Educación Superior con el sector agropecuario, de manera especial en el área acuícola, reflejado en la falta de formación de recursos humanos de calidad a nivel de Técnico Superior Universitario, licenciatura y posgrado, así como, de capacitación holística pertinente a los productores y productoras para su actualización y desarrollo, además de investigación y desarrollo tecnológico.
- Carencia de políticas públicas que propicien y motiven el desarrollo tecnológico regionalizado de la acuicultura hacia la sostenibilidad.
- Oportunidades de negocio para los productores de cría y engorda de tilapia en los estados de Colima y Jalisco, así como en el mercado emergente de tilapia viva.

Por lo que se refiere al levantamiento etnográfico y las encuestas, se encontró lo siguiente:

Tipo de estanques

Los acuicultores de Jalisco cuentan con diferentes tipos de estanques, el número varía entre dos y treinta por productor o productora. En este caso las unidades de producción tienen varias modalidades de estanques, donde la mayoría (66.7 %) tienen estanques rústicos con membrana y 50 % cuenta con rústicos de tierra (cabe señalar que algunos tienen de ambos tipos). Para los productores colimenses, el número varía entre dos a treita, predominan los estanques circulares de geomembrana en un 60 %, seguidos por los rústicos/membrana. Esta información se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Tipos de estanques en las UEPA de Colima y Jalisco. Elaboración propia

Tipo de estanques		
Tipo	Jalisco	Colima
Rústico/tierra	50.0 %	0.0 %
Rústico/membrana	66.7 %	66.7 %
Membrana circular	33.3 %	100.0 %
Fibra de vidrio	16.6 %	0.0 %
Cemento	16.6 %	33.3 %
Otros	16.6 %	0.0 %

Tarifa eléctrica

Todos tienen contratos de tarifa eléctrica de uso agrícola, tanto en Colima como en Jalisco; sin embargo, en Colima, en un 33 % de las UEPA visitadas, se detectó el uso de un banco de capacitores para disminuir el factor de potencia; en Jalisco ningún productor lo declaró.

Equipos

En el estado de Jalisco, el 83.33 % cuenta con aireadores y blowers, las unidades productoras utilizan un porcentaje de recambio de agua en sus instalaciones que va desde el 10 % al 25 % semanalmente. En el estado de Colima, el 66 % de las UEPA cuentan con aireadores y el 100 % con blowers, los recambios de agua los realizan en el mismo rango. El tipo de equipo y porcentaje de las UEPA que cuenta con equipamiento se señalan en la Tabla 4.

Tabla 4. Equipos usados en las UEPA. Elaboración propia

Tipo de estanques UEPA		
Tipo	Jalisco	Colima
Aireadores	89.3 %	66.7 %
Aireadores con paleta	16.7 %	33.3 %
Blowers	83.3 %	100.0 %
Bombas	66.7 %	100.0 %
Desinfección de ozono	16.7 %	0.0 %
Equipo de iluminación	33.3 %	100.0 %
Invernadero	90 %	0.0 %

Cabe considerar que las unidades de producción utilizan varios equipos, por ello la suma es superior al 100 %.

Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos que registran en sus instalaciones son principalmente la temperatura 83.33 %, seguido por el pH y amonio con 66.67 %, con una frecuencia de dos veces al día. Los parámetros fisicoquímicos a los que se da seguimiento en las UEPA se enlistan la Tabla 5.



Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos monitoreado en UEPA. Elaboración propia

Tipo de estanques UEPA		
Parámetro	Jalisco	Colima
Oxígeno	50.0 %	66.7 %
Temperatura	83.3 %	100.0 %
pH	66.7 %	33.3 %
Amonio	66.7 %	33.3 %
Nitratos	50.0 %	0.0 %
Nitritos	33.3 %	0.0 %
Humedad ambiental	16.7 %	0.0 %
Dureza	16.7 %	0.0 %
Conductividad	16.7 %	0.0 %

Buenas prácticas de cultivo, acceso a internet y equipamiento

De los productores y productoras de Jalisco a quienes se encuestó, el 100 % realiza registros de alimentación, el 66.67 % tiene acceso a Internet en sus unidades de producción y el 66.67 % cuenta con algún tipo de tecnología innovadora en sus procesos productivos, destacando los Biofloc, Sistemas de Recirculación Acuicola (RAS), y planta de luz automatizada. En las UEPA del estado de Colima, el 66.7 % llevan bitácora de alimentación, el 100 % tienen acceso a internet y 0 % tienen Biofloc, RAS o planta de luz automatizada. Adicional a la encuesta se solicitó su recibo de energía eléctrica, observando que los costos son elevados a pesar de contar con la tarifa especial. Considérese un caso específico en Jalisco, donde la UEPA Agro Acuicola del Ventarrón S. P. R. de R. L. presenta un gasto bimestral de un poco más de 20 mil pesos

en comparación con el Centro Acuicola Clavellinas, que cuenta con un sistema de energía fotovoltaica y su gasto es por un poco más de 2 mil pesos. Sin embargo, las diferentes tarifas que se presentan están relacionadas con los equipos eléctricos y su frecuencia de uso. En este tema, en el estado de Colima no se encontró un sistema de energía renovable, pero sí se tuvo el hallazgo del uso de un banco de capacitores.

Problemática que impide el desarrollo de la UEPA hacia la sostenibilidad

Dentro de la encuesta se preguntó al o la participante que identificara la problemática a la cual se enfrenta y cuáles serían sus sugerencias para mejorar como sector productivo, destacando y siendo un factor común lo siguiente:

- Falta de tecnificación y equipamiento

“moderno” de las Unidades de Producción que las hagan más sustentables (la mayoría cuenta con equipos viejos, que ocasionan un desgaste energético)

- Desconocimiento de nuevas prácticas y tecnologías de producción.
- Elevados costos de producción, ocasionados principalmente por el gasto energético eléctrico y el alimento.
- Falta de información para la toma de decisiones.
- Una legislación acuícola acorde a lo que es la actividad.

Dentro del foro virtual, del levantamiento etnográfico y encuestas a las UEPA, se generaron las siguientes propuestas de líneas de acción en investigación y desarrollo tecnológico (ID+T) para fortalecer y consolidar la acuicultura sostenible:

- Promover la diversificación y tecnificación de la actividad acuícola.
- Incrementar la eficiencia productiva (rentabilidad económica y social).
- Incentivar la participación del sector productivo en los trabajos de investigación y desarrollo tecnológico sobre aspectos como sanidad, nutrición, genética y manejo ambiental, es decir, promover la cultura de que los productores inviertan en ID+T, para el desarrollo de tecnología apropiada acuicultura regional de costo accesible para el productor
- Promover la accesibilidad a apoyos económicos o en especie que promuevan las tecnologías sustentables.
- Generar una serie de criterios que aporten al desarrollo de propuestas tecnológicas en energías renovables, donde participen personas investigadoras y productoras,

para disminuir los costos operativos y el impacto al medio ambiente.

- Capacitación y transferencia tecnológica hacia la acuicultura sostenible.
- Es necesario que se posicione el consumo de pescados y mariscos en el gusto de la población como una estrategia alimentaria por parte de campañas de gobierno para reducir riesgos en la salud y aumentar la producción acuícola (oferta y demanda).

Es importante señalar que la mayoría de las personas productoras, en sus comentarios adicionales a la encuesta manifiestan que el tema energético es uno de los que mayor desafío representa para sus instalaciones, además que las ofertas que se encuentran en el mercado requieren una alta inversión inicial y no son adecuadas a sus instalaciones.

Como resultado de este proyecto, la vinculación de agentes investigadores-académicos-tecnólogos con los productores, aterrizados en tres líneas:

- La transferencia tecnológica para que el productor colimense de la UEPA “Doble T”, de Tecomán, Colima, incursione exitosamente en el mercado creciente de tilapia viva, compromiso hecho por el Dr. Leonardo Ibarra Castro, del CIAD-Mazatlán.
- La formulación del plan de negocio de tilapia viva, para la UEPA “Doble T”, por profesores de la Universidad Tecnológica de Manzanillo (UTeM)
- El desarrollo tecnológico de un sensor de oxígeno disuelto inteligente, por profesores de la UTeM: a la fecha se tiene el prototipo con excelentes resultados, promoviendo a la acuicultura como una



Discusión

Del análisis de los resultados del *Foro virtual de acuicultura: seguridad alimentaria y su dependencia energética y tecnológica* y del levantamiento etnográfico a granjas acuícolas (Unidades Económicas de Producción Acuícola) en los estados de Colima y Jalisco, sigue siendo un factor de riesgo estar dependiendo totalmente de un servicio de suministro de energía que es de un costo elevado y que con frecuencia tiene fallas, lo que representa alta vulnerabilidad de su actividad e inversión en los ciclos de producción. Es necesario contar con una fuente alterna de energía confiable, segura, que economice su consumo y que además sea amigable con el ambiente.

De la diferencia del grado de desarrollo de las UEPA del estado de Jalisco en comparación con el estado de Colima, se puede explicar de la importancia otorgada a este sector productivo, referido en el contenido del Plan Estatal de Gobernanza y Desarrollo de Jalisco 2018-2024⁵ y el Plan Estatal de Desarrollo de Colima (2016-2021)⁴ a través del Subprograma de impulso al sector pesquero y acuícola, sobresaliendo la magnitud de la importancia, el compromiso y los apoyos otorgados por el gobierno estatal de Jalisco, reflejados en el equipamiento tecnológico e infraestructura. En este sentido, la diferencia en el tipo de infraestructura, de manera en particular al uso de invernadero, se puede entender por la diferencia climática en ambos estados, ya que en Jalisco la acuicultura mayoritariamente es intercontinental con climas templados y en Colima es en la región costera con climas predominante cálido-húmedo. La ausencia de plantas de generación eléctrica en las UEPA colimenses se deben a que no es necesaria por tener disponible el suministro de energía eléctrica, sin fallas a lo largo de todo el año, e inclusive de darse una falla en el suministro de energía debido a la inclemencia de huracanes, el tiempo de respuesta de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) es rápido, así lo manifestaron el 100 % de los productores colimenses, probablemente este beneficio es debido a estar dentro del corredor energético. Se resumen los resultados de la investigación:

- Es necesario dar seguimiento puntual a los proyectos acuícolas, con el objetivo que los apoyos otorgados sean implementados de forma correcta y que dichos proyectos no se abandonen.
- Ofertar cursos de capacitación para la actualización del sector acuícola.
- Contar con un modelo “granja muestra” que cuente con diferentes sistemas de producción.
- Realizar proyectos de transferencia tecnológica.
- Que el sector académico y de investigación tenga mayor relación y acercamiento con el sector productivo.
- Diseño de tecnología acorde a las necesidades de los sistemas productivos de cada zona, de cada especie y nivel de producción.



Conclusiones

Los resultados reflejan el estado actual que guarda la actividad acuícola respecto a la seguridad alimentaria y su dependencia energética y tecnológica en las entidades de Colima y Jalisco, además denotan la necesidad de reforzar la vinculación de las IES con el sector acuícola en pro del desarrollo tecnológico pertinente y la capacitación del sector acuícola, a través de la implementación de políticas públicas que consideren a los productores y productoras en la toma de decisiones y que incentiven el desarrollo de líneas de generación de conocimiento y desarrollo tecnológico al interior de cuerpos académicos, vinculados con la empresa acuícola que la promueva como empresas sostenibles y 4.0.

En el panorama alimentario es importante sumar esfuerzos por erradicar el hambre y la malnutrición, aportando alimentos de calidad para mejorar la salud y la calidad de vida; además, contribuir al incremento de ingresos económicos del sector productivo, fomentar la generación de economías regionales, ofrecer oportunidades de empleo e incrementar el nivel de bienestar del sector acuícola.



Referencias

1. FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA)*. [En línea]. Rome, Italy: FAO, 2020 [Fecha de consulta: agosto 2021]. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229es> ISBN: 978-92-5-132756-2
2. BUSTILLO, Lissette; MARTÍNEZ, Juan Pablo y GALLARDO, Felipe. Sustainable rural development: thatdistinguishedstranger (a review). *Revista Científica*. [En línea]. 2008, XVIII (1), 43-50. [Fecha de consulta: agosto. 2021]. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95918108> ISSN: 0798-2259.
3. BUSTILLO, Lissette y MARTÍNEZ, Juan Pablo. Los enfoques del desarrollo sustentable. *Interciencia*. [En línea]. 2008, 33(5), 389-395. [Fecha de consulta: agosto de 2021]. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33933512> ISSN: 0378-1844.
4. GOBIERNO DEL ESTADO DE COLIMA. *Programa Especial de Pesca y Acuicultura 2016-2021*. Periódico Oficial del Estado de Colima. Tomo 102 (26), pág. 2. 22 de abril de 2017. http://ipco.gob.mx/ipco/transparencia/f1/instrumentos/estatal/pe_pesca16_21.pdf
5. GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO. Plan Estatal de Gobernanza y Desarrollo de Jalisco 2018-2024. Periódico Oficial del Estado de Jalisco, núm 42, Sección VIII. Jueves 5 de septiembre de 2019. <https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/09-05-viii.pdf>

Fecha de recepción

09/11/2021

Fecha de aceptación

13/12/2021

Fecha de publicación

31/01/2022

La Revista Reacción actúa como mero difusor, por lo que el contenido y opiniones del artículo son responsabilidad exclusiva de los autores y autoras, y no representan la opinión oficial de la Revista Reacción, ni de la Universidad Tecnológica de León.

La revista adquiere los derechos patrimoniales de los artículos solo para difusión sin ningún fin de lucro. Las personas que utilicen la información contenida en la revista para su difusión están obligadas a referenciar la revista como fuente de información.

REA>XION

Ciencia y tecnología universitaria

latindex

Google Académico



Actuality Iberoamericana
Índice Internacional de Revistas

PERIÓDICA
Revista de Historia, Geografía y Ciencias Sociales

